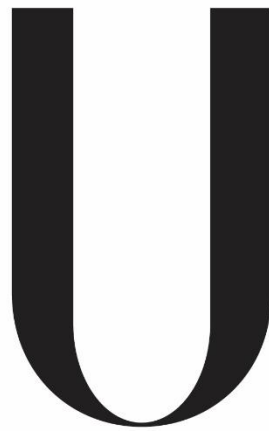


Universidade de Lisboa
Faculdade de Medicina Dentária



LISBOA

UNIVERSIDADE
DE LISBOA

**ANÁLISE DA RUGOSIDADE E MICRODUREZA
DENTINÁRIA APÓS DIFERENTES PROTOCOLOS DE
IRRIGAÇÃO FINAL**

Catarina Matos Andrade

Orientadores:

Professor Doutor António Ginjeira

Professora Doutora Karla Baumotte

Dissertação

Mestrado Integrado em Medicina Dentária

2020

Universidade de Lisboa
Faculdade de Medicina Dentária



**ANÁLISE DA RUGOSIDADE E MICRODUREZA
DENTINÁRIA APÓS DIFERENTES PROTOCOLOS DE
IRRIGAÇÃO FINAL**

Catarina Matos Andrade

Orientadores:

Professor Doutor António Ginjeira

Professora Doutora Karla Baumotte

Dissertação

Mestrado Integrado em Medicina Dentária

2020

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Doutor António Ginjeira, uma das maiores referências na área da Endodontia, com quem tive o privilégio de ser orientada, com a sua mestria e experiência.

À minha coorientadora Professora Doutora Karla Baumotte, pela alegria, disponibilidade, apoio e motivação na reta final desta caminhada.

À Professora Doutora Ana Paula Serro e à aluna de doutoramento Ana Catarina Branco, do Instituto Superior Técnico (IST), pela simpatia em colaborar neste estudo, através da disponibilização do perfilómetro ótico.

À Professora Doutora Filipa Chasqueira pela ajuda e disponibilidade durante o período de utilização do microdurómetro.

A elas, pela amizade especial e por todos os momentos partilhados. Obrigada Nogueiras, Sara, Margarida e Ana.

À Joana Antunes, a melhor pessoa que a faculdade me deu e que muito me apoiou (aturou) nestes últimos anos. Obrigada por fazeres parte da minha vida e pela bonita amizade que temos.

A eles, os meus conterrâneos, por espalharem a calma e a alegria nos dias de luta contra a clínica e os exames, pela esperança divina nos momentos de aperto e por me fazerem sentir em casa. Muito obrigada Filipe e Zé Gui.

Aos meus afilhados, que deram um toque especial neste meu percurso académico. Obrigada Mónica e Gonçalo.

À minha família, “unida e perfeita”, com quilómetros de mar a nos separar, mas que estiveram sempre no meu coração. Agradeço-vos imenso pelo apoio incondicional e pelo vosso trabalho árduo que fez com que fosse possível chegar aqui. Obrigada pais e mano.

Ao Tomás, o companheiro da aventura que foi vir para Lisboa, que tanto aparou as minhas lágrimas como também esteve presente em todas as minhas conquistas, ano após ano. Obrigada meu amor.

RESUMO

Introdução: A irrigação na Endodontia tem um papel fundamental na erradicação da infecção endodôntica. Dos diversos irrigantes disponíveis, o NaOCl é o irrigante de eleição durante o tratamento endodôntico. Previamente à obturação, pode ainda ser adotado um protocolo de irrigação final, que engloba tanto agentes antimicrobianos como descalcificantes. O objetivo deste estudo foi comparar o efeito de três protocolos de irrigação final sobre a rugosidade e microdureza da dentina radicular.

Materiais e métodos: Quatro dentes monorradiculares, armazenados em soro fisiológico após extração, foram seccionados longitudinalmente e cada metade resultante foi novamente seccionada em terços radiculares. Foi efetuada a distribuição dos terços pelos três protocolos de irrigação final (Grupo I: NaOCl - Ácido Cítrico - NaOCl; Grupo II: NaOCl – Ácido Cítrico – NaOCl - Etanol; Grupo III: NaOCl). Cada conjunto de terços foi montado numa base de acrílico, seguido de polimento com discos abrasivos. As medições da rugosidade e microdureza foram efetuadas antes e após a execução de cada protocolo, com recurso a um perfilómetro ótico e microdurómetro, respetivamente.

Resultados: Os valores iniciais da rugosidade e microdureza foram semelhantes entre todos os espécimes, aquando da análise entre grupos. Após a aplicação dos protocolos, a rugosidade sofreu um aumento significativo em todos os grupos, embora estatisticamente diferente no Grupo III. Por outro lado, a microdureza diminuiu em todos os grupos, sem diferenças significativas. Na comparação entre terços, destacam-se os valores iniciais da microdureza que foram significativamente menores no terço apical. Após os protocolos de irrigação final, os terços radiculares sofreram alterações similares em ambos os parâmetros, com exceção da redução da microdureza no terço coronal que foi significativamente maior.

Conclusão: Os protocolos de irrigação final alteraram as propriedades dentinárias, promovendo um aumento da rugosidade e uma diminuição da microdureza, ainda que esta última sem significância.

Palavras-chave: Irrigação final, Hipoclorito de Sódio, Ácido Cítrico, Etanol, Rugosidade, Microdureza.

ABSTRACT

Introduction: Irrigation in Endodontics has a fundamental role in the eradication of the endodontic infection. Among the various irrigants available, NaOCl is the main irrigant during endodontic treatment. Prior to filling, a final irrigation protocol can also be adopted, which includes both antimicrobial and decalcifying irrigant. The aim of this study was to compare the effect of three final irrigation protocols on root dentin roughness and microhardness.

Methods: Four monoradicular teeth, stored in saline after extraction, were sectioned longitudinally and each resulting half was sectioned again by root thirds. The thirds were distributed by the three irrigation protocols (Group I: NaOCl – Citric Acid – NaOCl; Group II: NaOCl – Citric Acid – NaOCl – Ethanol; Group III: NaOCl). Each set of thirds was mounted on an acrylic base and then polished with abrasive discs. The measurements of roughness and microhardness were performed before and after the execution of each protocol, using an optical profilometer and microdurometer, respectively.

Results: The initial values of roughness and microhardness were similar among all specimens, when analyzing between groups. After the application of the protocols, there was a significant increase in roughness in all groups, which was statistically different in the Group III. On the other hand, microhardness decreased in all groups, without significant differences. When comparing among root thirds, the initial microhardness values stand out, which were significantly lower in the apical third. After the final irrigation protocols, the root thirds underwent similar changes in both parameters, except for the reduction of microhardness in the coronal third, which was significantly higher.

Conclusion: The final irrigation protocols have changed dentin properties, with an increase in roughness and a decrease in microhardness. However this last parameter was not statistically significant.

Key-words: Final Irrigation, Sodium Hypochlorite, Citric Acid, Ethanol, Roughness, Microhardness.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS.....	iii
RESUMO	v
ABSTRACT	vii
ÍNDICE	ix
ÍNDICE DE TABELAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
LISTA DE ABREVIATURAS	xii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	7
3. MATERIAIS E MÉTODOS	9
3.1. Seleção da amostra	9
3.2. Preparação da amostra e distribuição por grupos	9
3.3. Execução dos protocolos de irrigação	12
3.4. Análise da rugosidade	12
3.5. Análise da microdureza.....	13
3.6. Análise estatística.....	15
4. RESULTADOS	17
4.1. Análise por protocolo de irrigação.....	17
4.2. Análise por terço radicular.....	19
5. DISCUSSÃO.....	21
6. CONCLUSÃO.....	29
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31
8. ANEXOS.....	37

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Grupos de acordo com o protocolo de irrigação final. min - minutos.....	10
Tabela 2. Distribuição dos terços radiculares por protocolo de irrigação final. C – Terço Coronal; M – Terço Médio; A – Terço Apical.....	10
Tabela 3. Distribuição dos espécimes por protocolo de irrigação de acordo com a localização proveniente	17
Tabela 4. Comparação da rugosidade e microdureza entre grupos antes da irrigação. \bar{x} : média amostral; s: desvio padrão amostral	17
Tabela 5. Comparação das alterações na rugosidade e microdureza por grupo de irrigação. \bar{x} : média amostral; s: desvio padrão amostral; CM: comparações múltiplas – sendo indicados os pares cujas comparações evidenciaram diferenças estatisticamente significativas. Ra _r : Rugosidade final; HVN _r : Microdureza final.	18
Tabela 6. Comparação da rugosidade e microdureza entre terços radiculares antes da irrigação. \bar{x} : média amostral; s:desvio padrão amostral; CM: comparações múltiplas – sendo indicados os pares cujas comparações evidenciaram diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$)...	19
Tabela 7. Comparação das alterações na rugosidade e microdureza por terço radicular. \bar{x} : média amostral; s: desvio padrão amostral.	19

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ilustração sistemática da preparação dentária: Secção da peça dentária até se obter os terços radiculares	9
Figura 2. Armazenamento dos espécimes, identificados pelo número e inicial do terço radicular. C - Coronal; M - Médio; A – Apical.....	10
Figura 3. Montagem de cada conjunto de terços numa base de acrílico autopolimerizável ...	11
Figura 4. Base de acrílico autopolimerizável com um conjunto radicular.....	11
Figura 5. Esquematização da análise da rugosidade e microdureza. A forma amarela representa a rugosidade e a azul a microdureza. PIF – Protocolo de Irrigação Final.....	12
Figura 6. Análise da rugosidade dentinária no perfilómetro ótico (Profilm 3D) – Vista frontal e lateral	13
Figura 7. Programa Profilm 3D® para o tratamento da imagem e obtenção do valor da rugosidade	13
Figura 8. Microdurómetro (Duramin, Struers AVS, Ballerup, Dinamarca)	14
Figura 9. Bloco de acrílico com espécimes para análise da microdureza	14
Figura 10. Visualização e medição de uma indentação	14
Figura 11. Representação gráfica em boxplot da distribuição da diferença de rugosidade por protocolo de irrigação final	18
Figura 12. Representação gráfica em boxplot da distribuição da diferença de microdureza por protocolo de irrigação final	18

LISTA DE ABREVIATURAS

SCR – Sistema de canais radiculares

TE – Tratamento Endodôntico

NaOCl – Hipoclorito de Sódio

CHX – Clorohexidina

EDTA – Ácido Etilenodiaminotetracético

AC – Ácido Cítrico

EtOH – Etanol

JAC – Junção amelocementária

PIF – Protocolo de irrigação final

Ra – Rugosidade média da superfície

HVN – *Hardness Vickers Number*

Ra_i – Rugosidade média inicial

Ra_f – Rugosidade média final

HVN_i – *Hardness Vickers Number* inicial

HVN_f – *Hardness Vickers Number* final

Unidades:

µm - Micrómetro

min – Minutos

X – Ampliação

1. INTRODUÇÃO

A arte da Medicina Dentária incorpora diversos domínios dos quais se destaca a Endodontia, área que integra o estudo da morfologia, fisiologia e patologia da polpa dentária e dos tecidos periapicais.⁽¹⁾ No que se refere ao tratamento de doenças e traumatismos pulpares, bem como de condições perirradiculares, várias opções estão disponíveis, das quais se evidencia a terapia endodôntica convencional.⁽²⁾

Esta terapia tem como foco a remoção de tecido pulpar vital e necrótico, de microrganismos e seus produtos dos canais radiculares, direcionando-se para a prevenção ou cura da periodontite apical, um processo inflamatório dos tecidos perirradiculares induzido por microrganismos provenientes do canal radicular infetado.^(3,4)

Clinicamente obedece a uma sequência composta por diversas fases.^(2,5) Primeiramente, destacam-se as fases de limpeza e modelação, que são obtidas por meio de instrumentos endodônticos e soluções irrigadoras.^(2,5) Em seguida, surge a fase de desinfecção, alcançada através do uso de soluções irrigadoras e medicação intracanal, que é então finalizada pela fase de obturação, mediante o preenchimento tridimensional do espaço canal.⁽⁵⁾

Com isto, consta-se que é uma intervenção cuja conduta exige tanto uma abordagem mecânica como química, em função das condicionantes presentes no sistema interno do dente, nomeadamente a anatomia e microbiologia.⁽³⁾ Esta anatomia engloba um sistema de canais radiculares (SCR), constituído pela câmara pulpar e pelos canais radiculares.^(6,7) Estes últimos podem exibir ramificações, canais laterais e deltas apicais, o que confere a estas estruturas uma anatomia canal complexa.^(6,7,8)

Perante as irregularidades supracitadas, a ação mecânica vai estar limitada ao canal principal, sem atingir toda a superfície do sistema canal.^(9,10) Em consequência disso, há uma remoção incompleta de tecido pulpar e detritos inorgânicos, que favorece a permanência de microrganismos e, por fim, a persistência da infeção.⁽¹¹⁾ Para contornar essa limitação, recorre-se à irrigação do SCR com soluções químicas, como complemento à instrumentação mecânica.^(8,10,11)

A irrigação durante o tratamento endodôntico (TE) apresenta variadas funções, sendo elas mecânicas, químicas e biológicas.^(3,11,12) Mecanicamente, auxilia na remoção de detritos resultantes da instrumentação, previne a formação de rolhões de dentina e lubrifica os canais como também os instrumentos mecânicos.^(3,11-13) Numa perspetiva química, tem a capacidade

de dissolver estruturas orgânicas e inorgânicas da parede dentinária e da *smear layer* formada.^(3,11-13) Biologicamente, os irrigantes atuam através da sua ação antimicrobiana.^(3,12,13)

Para além de promover a desinfecção das regiões não passíveis de serem instrumentadas, a irrigação é especialmente importante no que se refere à remoção da *smear layer*.⁽⁴⁾ Descrita pela primeira vez por McComb e Smith, como uma camada fina de 1-2 micrómetros (μm) de estrutura amorfa sobreposta à parede canal, que contém partículas de dentina, tecido pulpar vital e necrótico remanescentes e componentes bacterianos, resultante da instrumentação do canal.^(3,14,15) A sua presença serve de substrato para as bactérias, diminui a permeabilidade dentinária e obstrui a entrada dos túbulos dentinários, impedindo o seu acesso por irrigantes, medicação intracanal e cimentos endodônticos.^(3,16) De forma a possibilitar o acesso destas substâncias aos túbulos dentinários, está indicada a sua remoção através da associação de irrigantes que permitam remover tanto a porção orgânica como inorgânica deste componente.⁽¹²⁾

Assim sendo, a irrigação desempenha um papel imprescindível no combate às adversidades que possam comprometer o sucesso do tratamento endodôntico, através da remoção da *smear layer*, desinfecção de zonas não instrumentadas e erradicação do biofilme.^(8,13)

Uma vez entendida a sua necessidade, levanta-se a questão do fator de escolha na seleção dos irrigantes. Estes devem reunir o máximo dos requisitos de um irrigante ideal, tais como ser antimicrobiano, biocompatível, estável em solução, ter baixa tensão superficial, efeito sobre componentes orgânicos e inorgânicos, atividade lubrificante, induzir suspensão de detritos e não possuir efeitos negativos e nocivos.^(3,11-13) No entanto, não há nenhum irrigante que possua todas estas características ideais.^(11,13)

Por norma, durante a instrumentação canal, recorre-se a uma irrigação assídua, contínua e constante, denominada de irrigação de trabalho.⁽¹⁷⁾ Seguidamente, a fim de maximizar a ação irrigadora, poderá ser adotado um protocolo de irrigação final com uma sequência de irrigantes endodônticos.^(4,11,13,18) Assim, passa a ser possível reunir as qualidades de cada solução, de modo a intervir tanto sobre componentes orgânicos e inorgânicos da *smear layer* como sobre os microrganismos, com o objetivo de otimizar a limpeza e desinfecção.^(11,18,19) Este tipo de protocolo aplica-se previamente à obturação, estando disponíveis diversas substâncias químicas, sendo que das mais utilizadas se destacam: Hipoclorito de Sódio, Clorhexidina, Ácido Etilenodiaminotetracético e Ácido Cítrico.⁽²⁰⁾

O Hipoclorito de Sódio (NaOCl) é, de forma universal, o irrigante intracanal mais recomendado para o tratamento endodôntico, por reunir um maior número de características de um irrigante ideal.^(4,18) A sua concentração varia entre 0,5 e 5,25% e caracteriza-se por ser uma base forte (pH=11), um excelente agente antimicrobiano, capaz de dissolver os componentes orgânicos da polpa, dentina e biofilmes.^(3,4,11,13,18,21) Em contrapartida, as desvantagens inerentes são a sua ação limitada na porção inorgânica da dentina radicular e *smear layer*, elevada tensão superficial, sabor desagradável, baixa substantividade (capacidade de se ligar ao tecido duro e permanecer ativo com a sua atividade antimicrobiana), provocar corrosão dos instrumentos endodônticos e a sua toxicidade.⁽¹¹⁻¹³⁾ A sua ação é dependente do tempo de aplicação e volume, da concentração, temperatura e agitação da solução, sendo importante referir que quanto maior a sua concentração, maior a sua eficácia e toxicidade.^(4,8) É pela sua capacidade de dissolução de tecidos orgânicos e ademais vantagens que o NaOCl é indicado para ser o principal irrigante no tratamento endodôntico.

O Gluconato de Clorohexidina (CHX) é um agente antimicrobiano com aplicações clínicas importantes, como a desinfecção da cavidade oral e a prevenção da formação de placa bacteriana, razão pela qual é amplamente utilizado na área de Periodontologia.^(4,12) No entanto, recentemente, tem sido proposto a sua utilização em várias etapas da terapia endodôntica.^(11,13) Adicionalmente à sua ação antimicrobiana, possui elevada substantividade, não causa erosão das paredes dentinárias dos canais radiculares, não possui mau odor e tem baixa citotoxicidade.^(3,4,11,13,21) Ainda que esteja indicado em casos de alergia ao hipoclorito e em casos de ápex aberto, não deve ser utilizado como irrigante principal pela sua incapacidade de dissolver a matéria orgânica e inorgânica.^(3,4,11,12,18) Recentemente tem sido uma opção como irrigante final e medicação intracanal, na concentração de 2%, devido à manutenção da sua atividade antimicrobiana e preservação das propriedades físicas da dentina.^(4,11-13)

Para uma desinfecção completa do sistema canal, é essencial o uso de irrigantes que tenham ação tanto na porção orgânica como inorgânica da *smear layer*, a fim de removê-la eficazmente.^(4,12,13) Assim sendo, e dada a incapacidade de remover a porção inorgânica, o NaOCl tem de ser auxiliado por um agente quelante, Ácido Etilenodiaminotetracético (EDTA) ou Ácido Cítrico (AC).^(4,13,18)

O EDTA é considerado como o agente quelante mais eficaz.⁽²²⁾ Caracteriza-se por ser um sal dissódico, desmineralizante, com pH neutro, utilizado nas concentrações de 15% (gel) ou 17% (líquido) e que é recomendado como adjuvante no tratamento endodôntico, antes e após a

instrumentação.^(4,11) Apesar de não ter atividade antimicrobiana, tem ação sobre a porção inorgânica da dentina e da *smear layer*, com consequente exposição das fibras de colagénio e dos túbulos dentinários.^(11,23) A sua ação é dependente do tempo de aplicação, concentração, pH, dureza da dentina e espessura da camada da *smear layer*.⁽²²⁾ É usualmente aplicado para a remoção da *smear layer*, na forma líquida com concentração de 17% e pH neutro.⁽²²⁾

O Ácido Cítrico (AC), um agente quelante alternativo ao EDTA, é um sal orgânico solúvel em água, também utilizado para a remoção da *smear layer*.⁽¹¹⁾ Tem carácter mais agressivo que o EDTA, refletindo-se num maior efeito erosivo na parede dentinária após aplicação do NaOCl.⁽¹¹⁾ A concentração deste líquido pode variar entre 1% a 50%, sendo a mais utilizada a de 10%, com tempo de aplicação durante 2 ou 3 minutos após a instrumentação.^(4,11,13)

A ação conjunta de agentes antimicrobianos e quelantes irá viabilizar a remoção da *smear layer*, o que proporciona uma desinfeção mais profunda e contribui para o sucesso do TE.^(13,18)

Importa ainda referir os álcoois, que incluem o Etanol (EtOH) e Isopropanol.⁽²⁴⁾ A sua ação inclui efeito antimicrobiano sobre bactérias vegetativas, vírus e fungos, mas não é esporicida, pelo que é utilizado para desinfeção e não esterilização.⁽²⁵⁾ A atividade antimicrobiana torna-se mais eficaz nas concentrações entre 60-90%.⁽²⁵⁾ A sua aplicação nos tratamentos endodônticos não é ainda generalizada, contudo o seu uso tem despertado interesse como irrigante final, dado o seu efeito de desidratação e de surfactante.^(26,27) Estes efeitos promovem a secagem dos canais radiculares e diminuição da tensão superficial dos irrigantes e cimentos endodônticos, cujo impacto pode refletir num aumento da adesão do cimento endodôntico.^(24,26)

Em suma, durante a fase de limpeza e modelação deve ser utilizado somente o NaOCl, sendo imprescindível a sua aplicação de forma contínua ao longo do tratamento.^(4,11-13,18) Seguidamente, será vantajoso realizar um protocolo de irrigação final, com a combinação de agente quelantes (EDTA ou AC) e agentes antimicrobianos (NaOCl, CHX ou EtOH).^(3,12,18) A associação NaOCl-EDTA-NaOCl é a opção mais comum neste regime de irrigação.⁽²⁸⁾ Esta sequência tem a sua relevância porque após a aplicação de um agente quelante, este vai atuar sobre a porção inorgânica e irá deixar exposta a camada de colagénio subjacente, que é propícia à adesão bacteriana.^(3,4,28) Então, para uma desinfeção adequada torna-se importante associar um agente antisséptico após o quelante.^(3,28)

Apesar de o NaOCl ser o irrigante de eleição durante a instrumentação, este requer outras substâncias associadas aquando a irrigação final.^(4,12) Todavia, a combinação de irrigantes poderá induzir interações químicas entre eles, com formação de subprodutos que podem vir a interferir no tratamento.⁽¹⁰⁾ A associação de NaOCl com EDTA ou AC resulta na formação de bolhas na solução e redução de clorina no NaOCl, refletindo-se na redução da sua capacidade de dissolução de tecido orgânico, pelo que não devem ser aplicados simultaneamente.^(3,4,11-13,18) Por outro lado, a associação de NaOCl com a CHX origina a formação de um precipitado castanho-alaranjado não solúvel, potencialmente mutagénico, capaz de causar descoloração e ocluir os túbulos dentinários (ação de *smear layer*), podendo desta forma prejudicar a limpeza e o selamento do sistema canal.^(3,10,12,13) Um precipitado branco é expectável aquando a associação de CHX e EDTA.^(3,10,12)

Para evitar reações químicas entre soluções irrigadoras utilizadas no mesmo tratamento endodôntico, preconiza-se uma irrigação com água destilada ou soro entre as substâncias.^(11,29) O uso de etanol também tem vindo a ter a sua posição como intermediário entre dois irrigantes.^(29,30)

Após esta contextualização sobre a irrigação na endodontia, torna-se também importante realçar o efeito que estes irrigantes podem ter sobre o dente, em específico, sobre as propriedades da dentina.

O esmalte e a dentina constituem o tecido mineralizado do dente, sendo o esmalte a estrutura mais mineralizada (95% componente inorgânica), enquanto que a dentina apresenta cerca de 70% de componente inorgânica, 20% matéria orgânica e 10% de água.^(31,32) Os irrigantes, quando aplicados sobre a dentina, podem causar alterações na relação cálcio/fósforo, o que modifica a relação original entre componentes orgânicos e inorgânicos.^(33,34) Com isto, propriedades da dentina radicular como resistência, permeabilidade, solubilidade, microdureza e rugosidade podem ser alteradas.^(34,35)

Essas alterações podem ter repercussões na etapa final do tratamento, a fase de obturação. Esta é alcançada através de um material obturador principal, como Gutta-percha ou Resilon, conjugado com um cimento endodôntico.^(36,37) A condição da superfície dentinária poderá influenciar a adesão do cimento, pelo que, a modificação das propriedades superficiais da dentina poderá interferir na interação do substrato dentinário com os materiais obturadores.^(38,39)

A presença de humidade residual no ambiente canalar também poderá condicionar a eficácia da obturação.^(36,40,41) Para viabilizar a adesão do cimento às paredes dentinárias deve ser realizada a secagem prévia do canal, sendo a utilização de cones de papel o método mais comum e difundido.^(36,40,41) De forma a intensificar essa secagem, tem sido proposto o uso de cones de papel embebidos em etanol ou a irrigação final com o mesmo, para que este se espalhe para dentro dos túbulos dentinários e seque o ambiente envolvente à medida que evapora.^(36,40)

Torna-se importante determinar os efeitos dos materiais e substâncias, utilizados no TE, sobre as propriedades físicas e químicas de uma superfície dentinária. Esses efeitos poderão modificar o comportamento mecânico do dente sob condições clínicas e influenciar as decisões clínicas.

2. OBJETIVOS

Este trabalho de investigação pretende comparar o efeito de diferentes protocolos de irrigação final sobre algumas propriedades da dentina radicular, nomeadamente a rugosidade e a microdureza.

2.1. Efeito de cada protocolo de irrigação final sobre a rugosidade da dentina radicular.

H₀: Não existem diferenças estatisticamente significativas intra e intergrupos quanto ao efeito dos protocolos de irrigação final sobre a rugosidade da dentina radicular.

H₁: Existem diferenças estatisticamente significativas intra e intergrupos quanto ao efeito dos protocolos de irrigação final sobre a rugosidade da dentina radicular.

2.2. Efeito de cada protocolo de irrigação final sobre a microdureza da dentina radicular.

H₀: Não existem diferenças estatisticamente significativas intra e intergrupos quanto ao efeito dos protocolos de irrigação final sobre a microdureza da dentina radicular.

H₁: Existem diferenças estatisticamente significativas intra e intergrupos quanto ao efeito dos protocolos de irrigação final sobre a microdureza da dentina radicular.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Seleção da amostra

Para este estudo foram incluídos 4 dentes monorradiculares e monocanales extraídos por doença periodontal, sendo que foram posteriormente conservados em soro fisiológico para manter a sua hidratação. Os critérios de exclusão aplicados consistiram em dentes com lesão de cárie radicular, ápex aberto, reabsorções radiculares, calcificações, dilacerações radiculares e ainda dentes multicanalares.

3.2. Preparação da amostra e distribuição por grupos

Primeiramente, as coroas dentárias foram separadas das raízes ao nível da junção ameloementária (JAC). Para tal, foi realizado um sulco nesta região com recurso a um disco de diamante acionado a alta velocidade, sob irrigação com água, e com auxílio de um martelo e um cinzel foi efetuada a separação coroa-raíz. Posteriormente, cada raíz foi seccionada longitudinalmente, pelo mesmo método, em duas metades, vestibular e lingual/palatino. (Figura 1)

A cada metade radicular foi atribuído um número árabe, aleatoriamente de 1 a 8, de modo a serem avaliadas individualmente. Seguidamente, cada metade foi seccionada transversalmente por terços: coronal, médio e apical. (Figura 1) Este procedimento da secção radicular seguiu as diretrizes dispostas anteriormente com disco de diamante, martelo e cinzel.

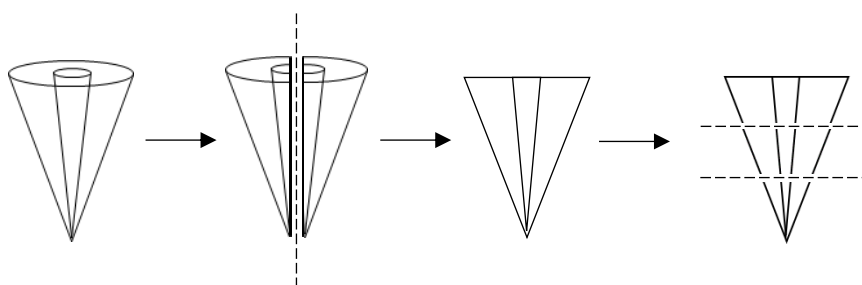


Figura 1. Ilustração sistemática da preparação dentária: Secção da peça dentária até se obter os terços radiculares.

Os terços radiculares de cada conjunto foram devidamente distribuídos por três grupos (Tabela 1), de acordo com o protocolo de irrigação final a ser realizado, para que cada grupo contivesse pelo menos um tipo de terço, conforme na Tabela 2.

Tabela 1. Grupos de acordo com o protocolo de irrigação final. min – minutos.

	Protocolo de irrigação final
Grupo I	5 min de NaOCl (2,5%) + 3 min de AC (10%) + 1 min de NaOCl (2,5%)
Grupo II	5 min de NaOCl (2,5%) + 3 min de AC (10%) + 1 min de NaOCl (2,5%) + 1 min de EtOH (96%)
Grupo III	5 min de NaOCl (2,5%)

Tabela 2. Distribuição dos terços radiculares por protocolo de irrigação final. C – Terço Coronal; M – Terço Médio; A – Terço Apical.

		Protocolo de irrigação		
		Grupo I	Grupo II	Grupo III
Conjunto Radicular	1	C	M	A
	2	C	A	M
	3	M	C	A
	4	M	A	C
	5	A	C	M
	6	A	M	C
	7	M	C	A
	8	M	A	C

Após a distribuição, os espécimes foram armazenados em cuvetes com soro fisiológico, devidamente identificados, pelo número a que correspondiam e pela inicial do terço a que pertenciam. (Figura 2)



Figura 2. Armazenamento dos espécimes, identificados pelo número e inicial do terço radicular. C – Terço Coronal; M – Terço Médio; A – Terço Apical.

De seguida, cada conjunto radicular foi montado horizontalmente numa base de acrílico autopolimerizável (Samplkwick™ Fast Cure Acrylic, Buehler, Lake Bluff, IL, USA), com a porção interna radicular exposta na superfície, com recurso a um molde de silicone e a placas de vidro. (Figuras 3 e 4) Previamente à montagem foi aplicado vaselina sólida sobre a superfície externa dos espécimes, para evitar a sua retenção no acrílico e assim conseguir removê-los para permanecerem nas cuvets em soro fisiológico até ao momento das leituras.

Esta montagem teve como objetivo estabilizar as peças, facilitar o seu manuseamento e polimento e ainda precisar as medições da rugosidade e microdureza.

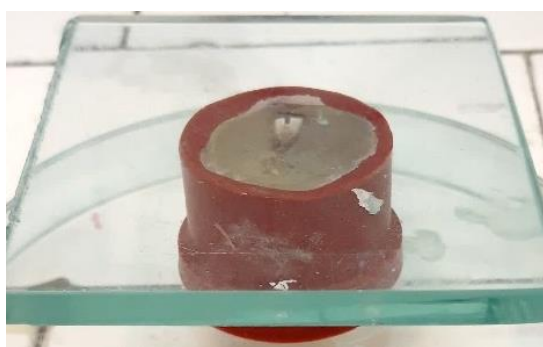


Figura 3. Montagem de cada conjunto de terços numa base de acrílico autopolimerizável



Figura 4. Base de acrílico autopolimerizável com um conjunto radicular.

Os espécimes foram polidos com discos abrasivos de carboneto de sílico (Carbimet™, Buehler Ltd, EUA) com granulometria sequencialmente mais fina (800-, 1200-, 2400-, 4000-), refrigerados com água destilada.

Este tratamento da superfície tornou-a plana e lisa, com o objetivo de criar uma rugosidade inicial padrão e permitir a análise comparativa da rugosidade e microdureza pelos respetivos aparelhos.

Após o polimento, os espécimes foram removidos da base de acrílico e mantidos hidratados com soro fisiológico nas cuvets, até se proceder as medições.

A análise de ambos os parâmetros foi realizada antes e após os protocolos de irrigação final, sendo que em cada terço foi analisado a rugosidade na dentina à esquerda do canal radicular e a microdureza no lado direito. (Figura 5)

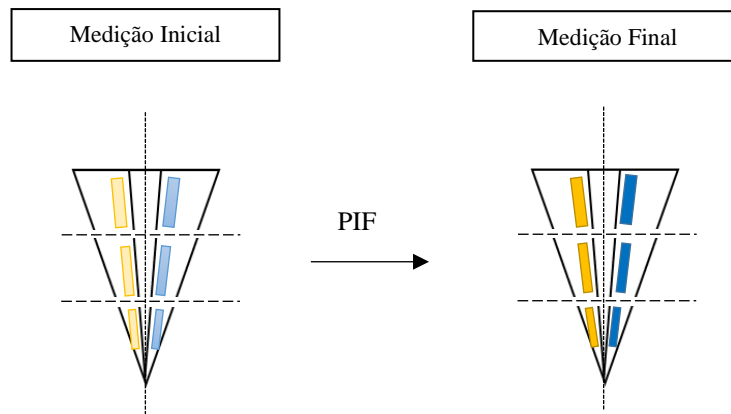


Figura 5. Esquemática da análise da rugosidade e microdureza. A forma amarela representa a rugosidade e a azul a microdureza. PIF – Protocolo de Irrigação Final.

3.3. Execução dos protocolos de irrigação

Para cada protocolo foi utilizado uma sequência de recipientes de plástico, um para cada irrigante endodôntico, devidamente identificados com a solução que continham, assim como o seu tempo de aplicação. A quantidade de solução irrigadora presente em cada recipiente foi estipulada de forma a que os espécimes ficassem totalmente submersos.

Com recurso a uma pinça metálica e a um cronómetro, os espécimes foram submetidos ao protocolo de irrigação correspondente, sendo que entre cada recipiente os espécimes foram irrigados com soro fisiológico.

Após os protocolos, os espécimes foram novamente armazenados na cuvette com soro fisiológico.

3.4. Análise da rugosidade

A análise da rugosidade da dentina radicular presente em cada espécime foi realizada, antes e após os protocolos de irrigação final, com recurso a um perfilómetro ótico (Filmetrics, Profilm 3D®). (Figura 6)

Esta análise foi realizada na dentina justacanalar, onde anteriormente às medições foi obtida uma focagem prévia da imagem. Foram realizadas cinco leituras por espécime, utilizando uma objetiva de ampliação 50X, com um campo de visão de 0.4 x 0.34 mm.

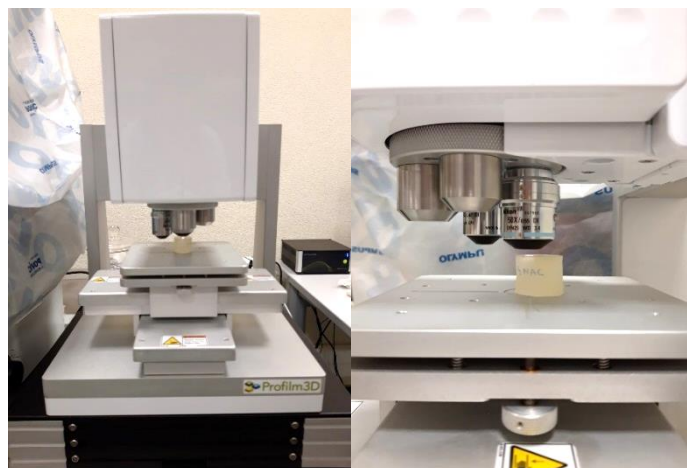


Figura 6. Análise da rugosidade dentinária no perfilômetro ótico (Profilm 3D) – Vista frontal e lateral.

Após obtenção da imagem, foram removidos os defeitos da imagem, através do programa da Profilm 3D®, e só depois foi registrado o valor da rugosidade (R_a). (Figura 7)

Nas medições iniciais, os espécimes com rugosidades superficiais similares foram incluídos no estudo e os que foram excluídos foram sujeitos a um novo polimento até obter o valor padrão determinado num teste piloto, $R_a \leq 0,1\mu\text{m}$.

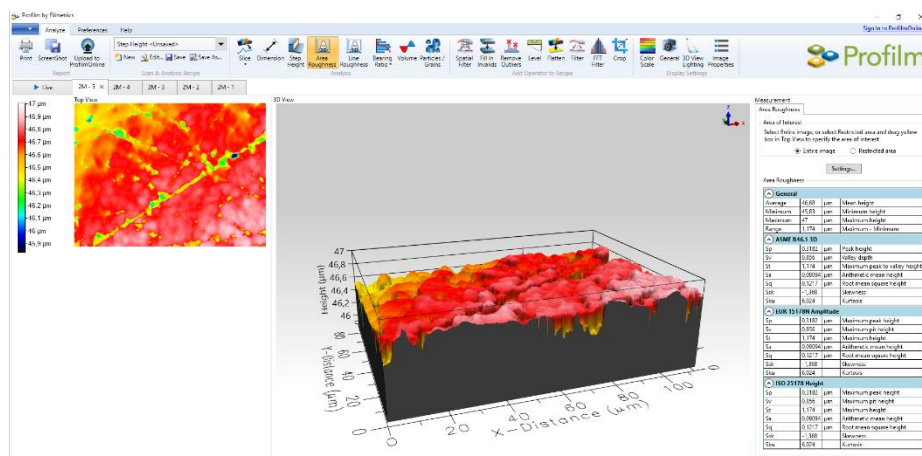


Figura 7. Programa Profilm 3D® para o tratamento da imagem e obtenção do valor da rugosidade.

3.5. Análise da microdureza

Para a análise da microdureza foi utilizado um microdurómetro (Duramin, Struers AVS, Balleruo, Dinamarca) com uma ponta indentadora diamantada de Vickers e um micrómetro (Duramin, Struers AVS, Balleruo, Dinamarca). (Figura 8) Foi aplicada uma carga de 1,96 Newtons, durante um tempo de indentação de 15 segundos.

Antes de efetuar as medições foi obtida a focagem da imagem e só depois foram realizadas cinco indentações por terço, observadas e medidas com a objetiva de ampliação 40X (Duramin, Struers AVS, Ballerup, Dinamarca). (Figura 9)

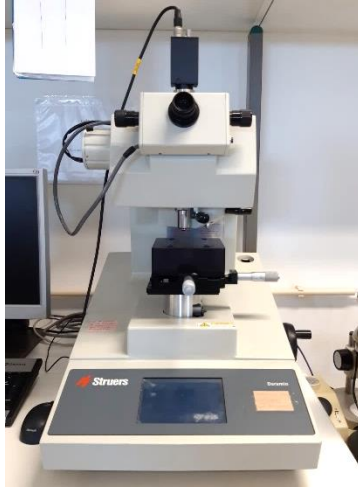


Figura 8. Microdurómetro (Duramin, Struers AVS, Ballerup, Dinamarca).

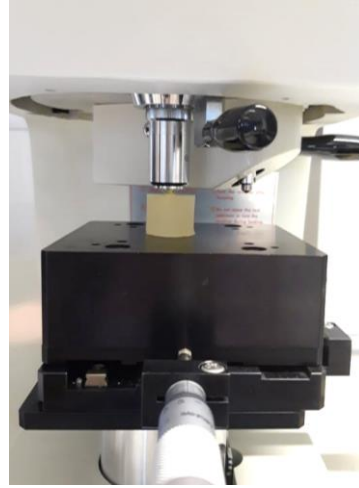


Figura 9. Bloco de acrílico com espécimes para análise da microdureza.

As diagonais geradas pelos vértices opostos do losango foram medidas e o valor da microdureza (HVN) determinado pelo programa foi registrado. (Figura 10) De notar que as cinco indentações por terço foram realizadas na dentina radicular justaposta ao canal radicular, antes e após os protocolos de irrigação final.

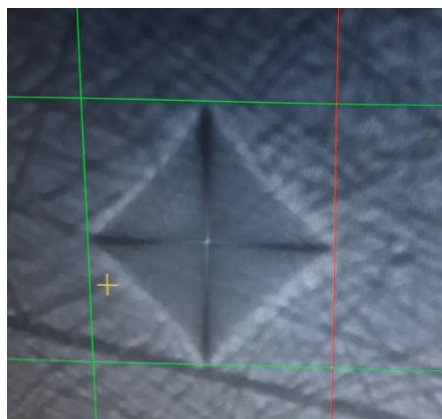


Figura 10. Visualização e medição de uma indentação.

3.6. Análise estatística

Após inserção dos dados em Microsoft Excel (Microsoft Office Excel 2016, Redmond, USA), a análise estatística e representações gráficas foram realizadas com recurso ao programa SPSS versão 25 (IBM, Armonk, NY, USA).

A análise descritiva dos resultados incluiu descrição de média e desvio padrão amostrais para cada variável dependente, em função do Protocolo de Irrigação Final e do Terço Radicular. Dada a dimensão reduzida da amostra, foi realizada a comparação entre grupos antes do procedimento experimental; bem como comparação das alterações entre grupos com recurso ao *Teste de Kruskal-Wallis*. As comparações múltiplas subsequentes foram obtidas diretamente do software, com correção de Bonferroni, na análise post-hoc. Por fim, foi realizado o Teste de *Wilcoxon Signed Rank* para uma amostra com vista a testar se as diferenças foram diferentes de zero. O nível de significância foi estabelecido a 0,05 ao longo da análise.

4. RESULTADOS

Na Tabela 3 encontra-se representada a distribuição dos terços radiculares pelos protocolos de irrigação final no presente desenho experimental.

Tabela 3. Distribuição dos espécimes por protocolo de irrigação de acordo com a localização proveniente.

Protocolo de Irrigação	Terço Radicular		
	Coronal	Médio	Apical
	n	n	n
Grupo I	2	4	2
Grupo II	3	2	3
Grupo III	3	2	3

Neste estudo realizou-se uma análise por protocolo de irrigação final e, posteriormente, por terços radiculares, cujos resultados serão detalhados de seguida.

4.1. Análise por protocolo de irrigação

A comparação da rugosidade e microdureza inicial entre grupos está representada na Tabela 4. A rugosidade inicial (Ra_i) caracterizou-se por ser, em média, igual a $0,07 \mu m$. Os valores iniciais da microdureza (HVN_i) foram similares entre protocolos. Não se verificaram diferenças significativas entre os grupos antes de se proceder os respetivos protocolos de irrigação ($p > 0,05$).

Tabela 4. Comparação da rugosidade e microdureza entre grupos antes da irrigação. \bar{x} : média amostral; s: desvio padrão amostral.

	Protocolo de Irrigação			<i>p</i>
	Grupo I	Grupo II	Grupo III	
	\bar{x} (s)	\bar{x} (s)	\bar{x} (s)	
Ra_i	0,07 (0,01)	0,07 (0,02)	0,07 (0,01)	0,505
HVN_i	47,13 (7,79)	45,29 (9,85)	46,76 (8,61)	0,912

A Tabela 5 exhibe as diferenças entre medições finais e iniciais, por protocolo. No que se refere à alteração da rugosidade após a aplicação dos irrigantes, verificou-se um aumento estatisticamente significativo nos três grupos ($p < 0,05$), sendo esse aumento superior no Grupo I ($2,25 \pm 0,44 \mu m$), seguido do Grupo II ($2,10 \pm 0,70 \mu m$). A comparação entre grupos revelou apenas diferenças significativas entre estes e o Grupo III ($0,13 \pm 0,15 \mu m$; $p \leq 0,003$). O Grupo III foi também o que demonstrou menor variabilidade na alteração de rugosidade, como se pode constatar pela Figura 11.

Em termos de microdureza, verificou-se uma redução, sobretudo no Grupo III ($-4,42 \pm 7,16$ HVN), embora sem significância estatística. Os Grupos I e II demonstraram reduções inferiores ao Grupo III, $-0,43 \pm 4,07$ HVN e $-1,07 \pm 2,75$ HVN, também sem significância estatística. Atendendo à Figura 12, ao contrário do que se verificou na avaliação da rugosidade, o Grupo III destaca-se pela maior variabilidade nas alterações da microdureza dos espécimes.

Tabela 5. Comparação das alterações na rugosidade e microdureza por grupo de irrigação. \bar{x} : média amostral; s: desvio padrão amostral; CM: comparações múltiplas – sendo indicados os pares cujas comparações evidenciaram diferenças estatisticamente significativas. R_{af} : Rugosidade final; HVN_f : Microdureza final.

	Protocolo de Irrigação				
	Grupo I	Grupo II	Grupo III	<i>p</i>	CM
	\bar{x} (s)	\bar{x} (s)	\bar{x} (s)		
$R_{af} - R_{ai}$	2,25* (0,44)	2,10* (0,70)	0,13* (0,15)	<0,001	III - I III - II
$HVN_f - HVN_i$	-0,43 (4,07)	-1,07 (2,75)	-4,42 (7,16)	0,500	-

* Alteração significativamente diferente de zero ($p < 0,05$).

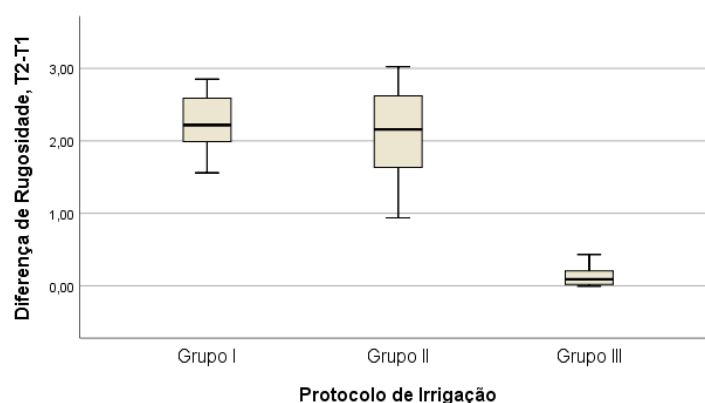


Figura 11. Representação gráfica em boxplot da distribuição da diferença de rugosidade por protocolo de irrigação final.

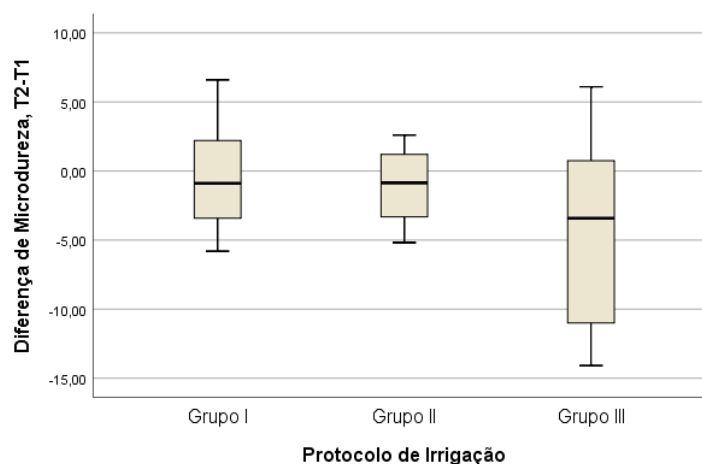


Figura 12. Representação gráfica em boxplot da distribuição da diferença de microdureza por protocolo de irrigação final.

4.2. Análise por terço radicular

Relativamente aos terços radiculares, a rugosidade inicial foi semelhante entre estes, sendo em média $0,06 \pm 0,01 \mu\text{m}$ no terço coronal e $0,07 \pm 0,01 \mu\text{m}$ nos terços médio e apical. (Tabela 6)

Quanto à microdureza inicial, destaca-se o terço apical, distinguindo-se por apresentar um valor de microdureza significativamente inferior ao dos terços médio e coronal, com $36,79 \pm 6,45 \text{ HVN}$ ($p < 0,05$). (Tabela 6)

Os resultados aqui obtidos também estão disponíveis nos Anexos 1 e 2.

Tabela 6. Comparação da rugosidade e microdureza entre terços radiculares antes da irrigação. \bar{x} : média amostral; s: desvio padrão amostral; CM: comparações múltiplas – sendo indicados os pares cujas comparações evidenciaram diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$).

	Terço Radicular				
	Coronal	Médio	Apical	p	CM
	\bar{x} (s)	\bar{x} (s)	\bar{x} (s)		
R_{ai}	0,06 (0,01)	0,07 (0,01)	0,07 (0,01)	0,235	-
HVN_i	52,02 (4,45)	50,38 (3,59)	36,79 (6,45)	<0,001	A - M A - C

Após a ação dos protocolos, verificou-se um aumento estatisticamente significativo de rugosidade em todos os terços ($1,45 \pm 1,09 \mu\text{m}$; $1,58 \pm 1,11 \mu\text{m}$ e $1,45 \pm 1,21 \mu\text{m}$, $p < 0,05$). Quanto à microdureza, verificou-se uma redução geral, em maior magnitude no terço coronal ($-3,04 \pm 4,45 \text{ HVN}$) e menor no terço médio ($-1,28 \pm 4,36 \text{ HVN}$). Apenas a alteração da microdureza no terço coronal revelou ser estatisticamente significativa ($p < 0,05$), não se verificando diferenças entre terços. (Tabela 7)

Tabela 7. Comparação das alterações na rugosidade e microdureza por terço radicular. \bar{x} : média amostral; s: desvio padrão amostral.

	Terço Radicular			
	Coronal	Médio	Apical	p
	\bar{x} (s)	\bar{x} (s)	\bar{x} (s)	
R_{af} - R_{ai}	1,45* (1,09)	1,58* (1,11)	1,45* (1,21)	0,970
HVN_f - HVN_i	-3,04* (4,45)	-1,28 (4,36)	-1,59 (6,72)	0,698

* Alteração significativamente diferente de zero ($p < 0,05$).

5. DISCUSSÃO

O principal objetivo do tratamento endodôntico reside na eliminação dos microrganismos presentes no SCR, fator etiológico da infecção canalar, para a prevenção da recontaminação após o tratamento.^(8,42) Para que esta meta seja alcançada, o tratamento deve passar por diversas fases, todas elas imprescindíveis para o seu sucesso.⁽⁵⁾

A execução destas etapas tem por base uma preparação químico-mecânica, com recurso a instrumentos endodônticos e soluções irrigadoras que contribuem ativamente para limpeza e desinfecção do SCR.^(4,43)

A aliança da ação química à mecânica surgiu pela necessidade de contornar obstáculos presentes ao longo do tratamento.^(8,13) Um deles passa pelas características anatômicas do sistema canalar, que o tornam muitas vezes inacessível à ação dos instrumentos endodônticos, pelo que muitas áreas permanecem intactas.^(9,10) Outra adversidade está na ação de corte dos instrumentos sobre a dentina radicular, que leva à produção de *smear layer*, uma camada amorfa fracamente aderida à parede radicular, que face à sua composição pode ter diversas implicações no resultado final do tratamento.^(11,13-15)

No decorrer do tratamento, está indicado adotar dois métodos de irrigação, a irrigação de trabalho e a irrigação final. A primeira acompanha a instrumentação canalar e o irrigante de eleição para este efeito é o NaOCl, por compreender um maior número de características de um irrigante ideal, embora tenha ação limitada na porção inorgânica da dentina e *smear layer*.^(11,13,18) Quanto à irrigação final, que tem lugar na fase de desinfecção, são sequenciados alguns irrigantes de forma a que cada um possa desempenhar a sua melhor propriedade e obter, assim, um resultado mais eficaz.^(18,19) Essa sequência constitui o protocolo de irrigação final, que abrange tanto agentes antimicrobianos (NaOCl/CHX/EtOH) como descalcificantes (EDTA/AC).

O alvo dos agentes descalcificantes repousa sobre a componente inorgânica do tecido mineralizado, que em conjunto com o NaOCl promovem a remoção completa da camada de *smear layer*.^(11,13) Esta camada confere espaço entre a parede interna da raiz e o material obturador, pelo que a sua manutenção constitui uma barreira física que compromete a desinfecção e adesão.⁽⁴⁴⁾ Uma vez removida, passa a ser viável uma correta adaptação dos materiais obturadores ao substrato dentinário e difusão de irrigantes e medicação intracanal.

Pelo facto de resultar de uma interação entre a parede canalar e os materiais obturadores, a adesão é dependente das propriedades da dentina radicular superficial, sendo a adesão mecânica a mais eficaz.^(38,39) Neste tipo, o material obturador penetra nos túbulos dentinários e ao tomar presa oclui esse espaço.⁽³⁹⁾ Desse modo, requer uma superfície dentinária livre de *smear-layer* e rugosa, para favorecer a microretenção mecânica.^(38,39) De notar que na presença de uma superfície demasiado rugosa poderá contribuir para a adesão microbiana.^(38,39)

Nos últimos tempos, diversas investigações têm sido realizadas no âmbito dos irrigantes utilizados no tratamento endodôntico, com vista a entender o seu efeito sobre as propriedades dentinárias.^(23,35,38,39,45-53) Na sequência desses estudos, é unânime que os irrigantes podem alterar as condições estruturais químicas e mecânicas da dentina, afetando assim as suas propriedades.

Este presente estudo pretendeu, através da análise da rugosidade e da microdureza, averiguar a existência de diferenças significativas entre três protocolos de irrigação final diferentes.

A escolha dos protocolos de irrigação final teve como suporte os irrigantes e tempos usualmente aplicados neste tipo de irrigação.^(39,45,51) O protocolo base foi a associação NaOCl - AC - NaOCl (Grupo I). Houve interesse em criar um protocolo onde fosse adicionado o etanol (Grupo II) ao protocolo anterior (Grupo I) e entender se a sua incorporação promovia alterações. Como controlo, optou-se por utilizar somente o NaOCl (Grupo III) e não uma substância neutra (soro fisiológico), visto que o desenho experimental, por si só, incluía um controlo negativo para cada espécime (medição antes dos protocolos de irrigação final).

Estudos análogos efetuaram três medições para cada parâmetro.^(23,39,45-53) No teste piloto foi verificado que os valores eram consideravelmente diferentes quanto à rugosidade, razão pela qual foi preferível realizar cinco medições e essa decisão transferiu-se também para a microdureza. Os resultados obtidos foram posteriormente analisados de acordo com protocolos de irrigação e com os terços radiculares.

Quanto à rugosidade, aquando da análise por protocolos, foi possível constatar que a rugosidade inicial foi semelhante entre grupos, fruto do polimento sequencial realizado na preparação dentária. Este procedimento, adotado pela maioria dos estudos desta natureza, serviu para padronizar os espécimes e permitir a leitura pelos aparelhos que assim o exigiam. Após ação dos protocolos, mensurou-se a diferença de valores e verificou-se que para todos os grupos houve um aumento significativo da rugosidade, sendo mais evidente nos Grupos I e II.

Como o Grupo III era constituído apenas por NaOCl era expectável que essa diferença fosse menor, dada a sua ação limitada na componente inorgânica. No que diz respeito à comparação entre terços, a rugosidade inicial demonstrou-se semelhante entre estes, novamente justificado pelo polimento com os discos abrasivos. O efeito produzido pelos irrigantes também se mostrou homogéneo entre os terços radiculares.

Dado a existência de diferenças significativas entre o Grupo III e os restantes, rejeita-se a hipótese nula quanto à rugosidade.

A rugosidade é uma propriedade que está intimamente relacionada com a topografia da superfície, que por sua vez está associada à adesão tanto dos materiais de obturação como dos agentes microbianos.^(38,39) Neste caso, a rugosidade inicial foi determinada pelo polimento executado e a final pela ação dos irrigantes endodônticos. Clinicamente, a ação da instrumentação iria influenciar este parâmetro, bem como a presença de *smear layer*. Esta camada protegeria a dentina subjacente, pelo que a rugosidade da dentina seria menos afetada pelos protocolos. Ainda que não tenha havido formação de *smear layer*, o polimento efetuado proporcionou a formação de uma camada de raspas de dentina.

Esta propriedade foi analisada por um perfilómetro ótico, podendo ter sido alternativamente medida por meio de um microscópio de força atómica (AFM).⁽³⁸⁾ Por ser mais simples e adequado ao estudo, optou-se por utilizar o perfilómetro ótico e inovar na metodologia habitual.

O estudo de Tartari *et al.* teve como intuito avaliar o efeito de diferentes protocolos de irrigação sobre a rugosidade da dentina radicular.⁽³⁹⁾ Dos diversos protocolos, um deles simulou a irrigação de trabalho, com aplicação de NaOCl por 30 minutos, e de seguida uma irrigação final com AC e NaOCl, que resultou num aumento da rugosidade. Também continha um protocolo que consistia na aplicação exclusiva de NaOCl por 30 minutos, onde não se verificou alteração significativa da rugosidade dentinária. Este último resultado não coincide com o do presente estudo na medida em que no Grupo III o NaOCl foi aplicado durante apenas cinco minutos, o suficiente para aumentar significativamente a rugosidade. Foi também neste estudo de Tartari que se verificou um maior aumento da rugosidade após a aplicação dos agentes quelantes.⁽³⁹⁾

No presente estudo, a maior diferença na rugosidade também ocorreu após a conjugação dos agentes quelantes, confirmado pela diferença entre o Grupo I e II e o Grupo III. Estes resultados vêm confirmar a ação limitada que o NaOCl apresenta sobre o conteúdo mineral. É

de salientar que estas soluções quelantes, através da desmineralização do conteúdo mineral, expõem as fibras de colagénio, que se tornam num substrato favorável à recolonização bacteriana.⁽³⁹⁾ Torna-se, assim, importante a aplicação de NaOCl após o uso de um agente descalcificante.

O estudo de Pantoja *et al.*, cujo objetivo foi determinar o efeito de EtOH sobre a rugosidade dentinária, concluiu que o etanol reduzia a rugosidade.⁽⁴⁹⁾ Este facto corrobora os resultados obtidos nesta pesquisa, onde o Grupo II teve um aumento de rugosidade inferior ao Grupo I, ainda que sem diferenças significativas.

Quanto à microdureza, os valores iniciais por protocolo de irrigação foram semelhantes entre eles, na ordem dos 46 HVN. Após o efeito dos irrigantes verificou-se que para todos os grupos a microdureza diminuiu, com destaque no Grupo III, onde foi notória essa redução, ainda que sem significância estatística. Da análise da microdureza por terços destacam-se os valores iniciais no terço apical, que foram significativamente menores em relação aos terços coronal e médio. No que se refere à diferença entre os valores iniciais e finais, houve uma redução da microdureza em todos os terços, sendo significativo no terço coronal.

A presença de alterações na microdureza dentinária após aplicação dos irrigantes endodônticos sugere que houve efeito destes sobre os componentes da estrutura dentinária. Uma vez que não houve diferenças significativas entre grupos, aceita-se a hipótese nula quanto à microdureza.

A microdureza é representada, por evidência indireta, pelo conteúdo mineral da dentina radicular.^(47,50,52,53) Constitui a resistência à penetração de uma ponta indentadora que é mais dura que a superfície a analisar (resistência à deformação plástica).^(50,52) A sua medição pode ser efetuada por dois métodos, através de uma indentadora Vickers ou Knoop. Ambas apresentam uma ponta indentadora diamantada que, quando pressionada sobre uma superfície polida, com uma determinada carga, gera uma impressão com forma piramidal.⁽⁵⁴⁾ A diferença recai sobre a forma geométrica da base piramidal, sendo a de Vickers quadrangular e a de Knoop com um contorno romboide.⁽⁵⁴⁾

Estudo de Fuentes *et al.* fez a comparação da microdureza da dentina superficial e profunda com recurso aos dois tipos de métodos, Vickers e Knoop.⁽⁵⁴⁾ Foi com a dureza de Knoop que foram obtidas diferenças entre a dentina superficial e a profunda, sugerindo assim, que a ponta indentadora de Knoop é mais sensível às alterações superficiais.⁽⁵⁴⁾ Apesar desta

condição, optou-se por utilizar a ponta de Vickers por estar indicada para a estrutura dentinária e pelo desenho experimental incluir controlo negativo.

A microdureza da dentina radicular é intrinsecamente variável de acordo com a localização dentinária e difere consoante a profundidade a que é medida, com tendência para diminuir aquando da proximidade ao canal radicular.^(47,55,56) De acordo com Pashley *et al.* existe uma correlação inversa entre a microdureza da dentina e a densidade tubular.⁽⁵⁶⁾ Com isto, as dentinas superficial e profunda apresentam diferenças estruturais, na medida em que na profundidade existe uma maior densidade tubular, o que confere menor resistência nessa região, fazendo com que haja uma diminuição da microdureza.^(23,56)

A microdureza é também variável de acordo com o terço em que é analisada, com destaque no terço apical onde o valor tende a ser menor.⁽⁵⁵⁾ Os terços radiculares, ao serem estruturalmente diferentes, fazem com que as propriedades de cada um também possam ser. Essa situação foi visível nos resultados desta investigação, onde no terço apical foi obtido valores iniciais de microdureza significativamente menores face aos restantes terços.

Pela variabilidade apresentada, foi preferível realizar as indentações na dentina mais próxima ao canal radicular, pois é a mais afetada nas condições clínicas do TE. Com vista a minimizar a variação estrutural, as indentações finais foram realizadas próximas às iniciais. Foi também importante distribuir os terços radiculares pelos diferentes protocolos.

Neste presente estudo foi possível constatar que o NaOCl, quando usado isoladamente (Grupo III), diminuía a microdureza da dentina, mas sem significância. Tartari *et al.* demonstrou que o NaOCl quando usado isoladamente durante 30 minutos, de facto, diminuía significativamente a microdureza.⁽⁵¹⁾ No entanto, quando utilizado por 3 minutos na irrigação final não causava alterações significativas nesse parâmetro, o que vem a confirmar que a ação do NaOCl é dependente do tempo de aplicação.⁽⁵¹⁾ Foi também nesse estudo que não houve diferenças entre terços nos valores iniciais de microdureza, o que não vai de encontro com o que foi obtido no presente estudo.

Pascon *et al.*, após uma revisão bibliográfica, concluiu que o NaOCl é capaz de alterar esta propriedade, o que sugere algum efeito direto do NaOCl sobre a componente orgânica e inorgânica.⁽⁵⁷⁾ Um outro estudo investigou o efeito que diversos irrigantes poderiam ter sobre as propriedades da dentina e concluiu que o NaOCl pode, de facto, alterá-las, com redução da microdureza e aumento da rugosidade.⁽⁴⁸⁾ Essas alterações podem ocorrer por via da degradação

dos componentes orgânicos e inorgânicos da dentina, apesar nesta última a ação do NaOCl ser limitada.⁽⁵⁷⁾

Segundo Eldeniz *et al.* os protocolos de irrigação final EDTA-NaOCl e AC-NaOCl reduzem significativamente a microdureza e aumentam ambos a rugosidade dentinária.⁽⁴⁶⁾ Ainda que tenham optado por concentrações e tempos diferentes, os resultados estão de acordo com o presente estudo.

Um dos destaques deste estudo foi a introdução do etanol no protocolo de irrigação final. Esta substância é usualmente utilizada em procedimentos de desinfecção, por apresentar boa atividade antimicrobiana e boa solubilidade.⁽²⁵⁾ Começou a ser utilizado nos tratamentos endodônticos por ser um solvente volátil que cria um ambiente mais seco, ou seja, a dentina torna-se num meio hidrofóbico, condição essa que favorece a adesão e uma penetração mais profunda de cimentos endodônticos hidrofóbicos, como o AH Plus.^(20,24,49) Além disso, diminui a tensão superficial, aumenta o escoamento do irrigante ou cimento endodôntico e, conseqüentemente, a sua penetração nos túbulos.^(40,58) A sua ação não gerou alterações significativas, tanto na rugosidade como na microdureza, em comparação com o Grupo I.

Diversas limitações estão implícitas neste estudo. Na preparação da amostra, quando da montagem dos espécimes no acrílico, nem sempre foi garantido o paralelismo das superfícies a analisar com o plano horizontal, o que se deve ao facto de o molde de silicone, por si só, não estar formatado para isso, embora essa situação tentasse ser contornada no momento da colocação da placa de vidro sobre os espécimes. Quando essa inclinação estava presente, prejudicava o processo de análise através do perfilómetro e microdurómetro, aparelhos que exigiam o paralelismo dos espécimes para uma correta focagem da imagem. Assim, pela dificuldade de focagem, poderá haver valores que tenham sido influenciados.

Acresce a dificuldade no manuseamento dos aparelhos, especialmente no perfilómetro ótico, que continha um programa informático complexo para a inexperiência do operador. Também constituiu uma barreira, pois não foram encontrados estudos que tivessem utilizado este tipo de aparelho, pelo que todas as definições tiveram de ser testadas previamente num teste piloto, mas que podem ter introduzido erros pela má seleção dos parâmetros aplicados.

Também neste estudo não foram representadas as condições clínicas, na medida em que clinicamente (*in vivo*) a irrigação não afeta igualmente todo o canal radicular, devido à complexidade anatômica. A eficácia da irrigação é variável consoante o terço, sendo que nos terços cervical e médio é mais efetiva, em detrimento do terço apical.⁽³⁹⁾ Neste estudo, todos os

espécimes foram irrigados da mesma forma e num sistema aberto, sem a criação das condições reais, ou seja, o comportamento hidrodinâmico não está a ser tido em conta. Sem desfazer esta limitação, este estudo consegue fazer uma representação indireta do que, de facto, acontece. Acresce ainda que não foi efetuada a irrigação de trabalho.

Não houve consideração da idade dentária dos espécimes utilizados, onde, por norma, se verifica um aumento da microdureza com o avançar da idade. O mecanismo envolvente neste aumento está na oclusão dos túbulos dentinários por deposição contínua de dentina secundária.^(59,60)

A principal desvantagem deste estudo consiste na reduzida amostra. Na fase inicial da colheita de dentes foram recolhidos um maior número, mas com a aplicação dos critérios de exclusão e com os espécimes que se foram perdendo ao longo dos procedimentos, acabou por se refletir num reduzido número de elementos da amostra.

Esta limitação da amostra prejudica a fiabilidade dos dados obtidos e, desta forma, tanto os resultados da rugosidade como da microdureza não devem ser extrapolados para a prática clínica,

Tendo em conta todas as adversidades encontradas neste estudo e as incoerências entre resultados com outros trabalhos, sugere-se novas investigações que evidenciem o real efeito dos irrigantes sobre a dentina e, de que modo, é que estas alterações afetam a adesão na fase de obturação.

6. CONCLUSÃO

Apesar das limitações do estudo, todos os protocolos de irrigação final induziram alterações nas propriedades superficiais da dentina radicular, promovendo um aumento da rugosidade e uma diminuição da microdureza, ainda que esta última sem significância.

Sugere-se mais estudos neste âmbito, com recomendação de uma maior amostra, para confirmar os resultados aqui obtidos.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. McClanahan SB, Crepps JT, Maranga MC, Worrel DE, Behnia A. Glossory of Endodontic Terms; Tenth Edition. 2020; Available from: <https://www.aae.org/specialty/clinical-resources/glossary-endodontic-terms/>.
2. Dahlkemper PE, Goldberg RA, Schultz GB, Slingbaum JB, Stevens MG, Powell WD. Guide to Clinical Endodontics; Sixth Edition. 2013; 1–40. Available from: <https://www.aae.org/specialty/clinical-resources/guide-clinical-endodontics/>.
3. Basrani B, Malkhassian G. Update of Endodontic Irrigating Solutions. Endodontic Irrigation: Chemical Disinfection of the Root Canal System. 2015;99–115.
4. Agrawal Vineet S, Rajesh M, Sonali K, Mukesh P. A Contemporary Overview of Endodontic Irrigants – A Review. J Dent App. 2014;1(6): 105-115.
5. European Society of Endodontology. Quality guidelines for endodontic treatment: Consensus report of the European Society of Endodontology. Int Endod J. 2006 Dec;39(12):921–30.
6. Vertuci FJ, Hardix JE. Tooth Morphology and Access Cavity Preparation. In: Hargreaves KM, Cohen S, editors. Cohen’s Pathways of the pulp; Tenth ed. Mosby, Inc; 2011. p. 136–282.
7. Vertucci FJ. Root canal anatomy of the human permanent teeth. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1984 Nov;58(5):589-99.
8. Torabinejad M. Endodontics Colleagues for Excellence in Root Canal Irrigants and Disinfectants, Cover artwork: Rusty Jones, MediVisuals, Inc. Winter, 2011. American Association of Endodontists. Available from: <https://www.aae.org/specialty/newsletter/root-canal-irrigants-disinfectants/>
9. Ordinola-Zapata R, Bramante CM, Cavenago B, Graeff MS, Gomes de Moraes I, Marciano M, Duarte MA. Antimicrobial effect of endodontic solutions used as final irrigants on a dentine biofilm model. Int Endod J. 2012 Feb;45(2):162-8.
10. Prado M, Santos Júnior HM, Rezende CM, Pinto AC, Faria RB, Simão RA, Gomes BP. Interactions between irrigants commonly used in endodontic practice: a chemical analysis. J Endod. 2013 Apr;39(4):505-10.

11. Haapasalo M, Shen Y, Wang Z, Gao Y. Irrigation in endodontics. *Br Dent J*. 2014 Mar;216(6):299-303.
12. Basrani B, Haapasalo M. Update on endodontic irrigating solutions. *Endodontic Topics* 2012; 27:74–102.
13. Haapasalo M, Shen Y, Qian W, Gao Y. Irrigation in endodontics. *Dent Clin North Am*. 2010 Apr;54(2):291-312.
14. McComb D, Smith DC. A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures. *J Endod*. 1975 Jul;1(7):238-42.
15. Pintor AV, Dos Santos MR, Ferreira DM, Barcelos R, Primo LG, Maia LC. Does Smear Layer Removal Influence Root Canal Therapy Outcome? A Systematic Review. *J Clin Pediatr Dent*. 2016 Winter;40(1):1-7.
16. Violich DR, Chandler NP. The smear layer in endodontics - a review. *Int Endod J*. 2010 Jan;43(1):2-15.
17. Unnikrishnan M, Mathai V, Sadasiva K, Santakumari RSM, Girish S, Shailajakumari AK. The Evaluation of Dentin Microhardness After Use of 17% EDTA, 17% EGTA, 10% Citric Acid, MTAD Used as Chelating Agents Combined With 2.5% Sodium Hypochlorite After Rotary Instrumentation: An In Vitro SEM Study. *J Pharm Bioallied Sci*. 2019 May;11(Suppl 2):S156-S163.
18. Zehnder M. Root canal irrigants. *J Endod*. 2006 May;32(5):389-98.
19. Suman JM, Kuga MC, da Rosa RA, Santini MF, Grazziotin-Soares R, Montagner F, S6 MVR. Antibacterial activity of chlorhexidine after final irrigation with ethanol: CLSM and culture-based method analysis. *Microsc Res Tech*. 2015. 78(8):682–687.
20. Dioguardi M, Gioia GD, Illuzzi G, Laneve E, Cocco A, Troiano G. Endodontic irrigants: Different methods to improve efficacy and related problems. *Eur J Dent*. 2018 Jul-Sep;12(3):459-466.
21. Haapasalo M, Endal U, Zandi H, Coil JM. Eradication of endodontic infection by instrumentation and irrigation solutions. *Endod Topics*. 2005. 10:77–102.
22. Serper A, Calt S. The demineralizing effects of EDTA at different concentrations and pH. *J Endod*. 2002 Jul;28(7):501-2.

23. Cruz-Filho AM, Sousa-Neto MD, Savioli RN, Silva RG, Vansan LP, Pécora JD. Effect of chelating solutions on the microhardness of root canal lumen dentin. *J Endod*. 2011 Mar;37(3):358-62.
24. Engel GT, Goodell GG, McClanahan SB. Sealer penetration and apical microleakage in smear-free dentin after a final rinse with either 70% isopropyl alcohol or Peridex. *J Endod*. 2005 Aug;31(8):620-3.
25. McDonnell G, Russell AD. Antiseptics and disinfectants: activity, action, and resistance. *Clin Microbiol Rev*. 1999 Jan;12(1):147-79. Erratum in: *Clin Microbiol Rev* 2001 Jan;14(1):227.
26. Cunningham WT, Cole JS 3rd, Balekjian AY. Effect of alcohol on the spreading ability of sodium hypochlorite endodontic irrigant. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1982 Sep;54(3):333-5.
27. Dexter B, Tyagi PS, Brave VR. A comparative evaluation of the effect of final alcohol rinse and 5.25% sodium hypochlorite as a final irrigant on sealer coverage of root canals. An in vitro study. *Journal of Pierre Fauchard Academy (India Section)*. 2011. 25(4), 185–189.
28. Neelakantan P, Sharma S, Shemesh H, Wesselink PR. Influence of Irrigation Sequence on the Adhesion of Root Canal Sealers to Dentin: A Fourier Transform Infrared Spectroscopy and Push-out Bond Strength Analysis. *J Endod*. 2015 Jul;41(7):1108-11.
29. Rossi-Fedele G, Doğramaci EJ, Guastalli AR, Steier L, de Figueiredo JA. Antagonistic interactions between sodium hypochlorite, chlorhexidine, EDTA, and citric acid. *J Endod*. 2012 Apr;38(4):426-31.
30. Krishnamurthy S, Sudhakaran S. Evaluation and prevention of the precipitate formed on interaction between sodium hypochlorite and chlorhexidine. *J Endod*. 2010 Jul;36(7):1154-7.
31. Arola D, Ivancik J, Majd H, Fouad A, Bajaj D, Zhang X, Eidelman N. Microstructure and mechanical behavior of radicular and coronal dentin. *Endod Topics*. 2012. 20:30-51.
32. Ryou H, Romberg E, Pashley DH, Tay FR, Arola D. Importance of age on the dynamic mechanical behavior of intertubular and peritubular dentin. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2015 Feb;42:229-42.

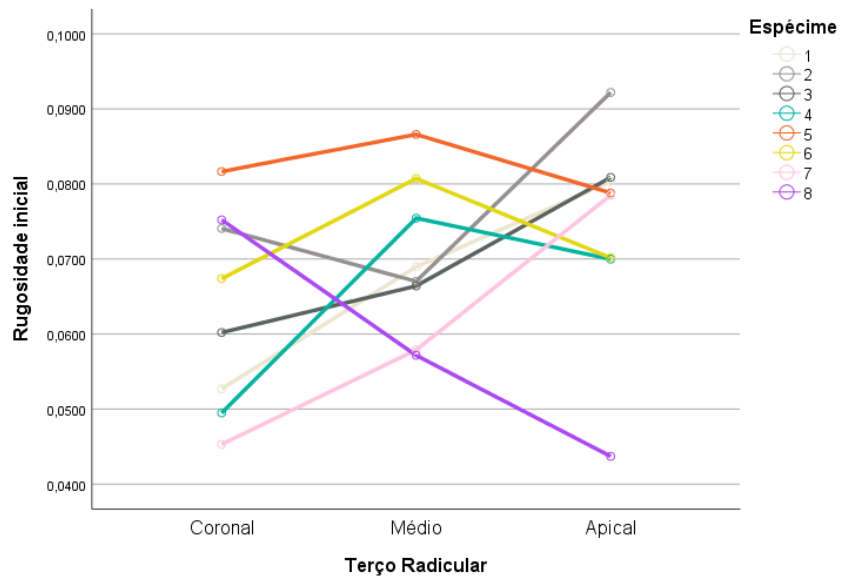
33. Cobankara FK, Erdogan H, Hamurcu M. Effects of chelating agents on the mineral content of root canal dentin. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2011 Dec;112(6):e149-54.
34. Saha SG, Sharma V, Bharadwaj A, Shrivastava P, Saha MK, Dubey S, Kala S, Gupta S. Effectiveness of Various Endodontic Irrigants on the Micro-Hardness of the Root Canal Dentin: An in vitro Study. *J Clin Diagn Res.* 2017 Apr;11(4):ZC01-ZC04.
35. Lantigua Domínguez MC, Feliz Pedrinha V, Oliveira Athaide da Silva LC, Soares Ribeiro ME, Loretto SC, de Almeida Rodrigues P. Effects of Different Irrigation Solutions on Root Fracture Resistance: An *in Vitro* Study. *Iran Endod J.* 2018 Summer;13(3):367-372.
36. Dias KC, Soares CJ, Steier L, Versiani MA, Rached-Júnior FJ, Pécora JD, Silva-Sousa YT, de Sousa-Neto MD. Influence of drying protocol with isopropyl alcohol on the bond strength of resin-based sealers to the root dentin. *J Endod.* 2014 Sep;40(9):1454-8.
37. Prado M, Gusman H, Gomes BP, Simão RA. The importance of final rinse after disinfection of gutta-percha and Resilon cones. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2011 Jun;111(6):e21-4.
38. Hu X, Ling J, Gao Y. Effects of irrigation solutions on dentin wettability and roughness. *J Endod.* 2010 Jun;36(6):1064-7.
39. Tartari T, Duarte Junior AP, Silva Júnior JO, Klautau EB, Silva E Souza Junior MH, Silva E Souza Junior Pde A. Etidronate from medicine to endodontics: effects of different irrigation regimes on root dentin roughness. *J Appl Oral Sci.* 2013 Sep-Oct;21(5):409-15.
40. Thiruvenkadam G, Asokan S, John B, Priya PG. Effect of 95% Ethanol as a Final Irrigant before Root Canal Obturation in Primary Teeth: An in vitro Study. *Int J Clin Pediatr Dent.* 2016 Jan-Mar;9(1):21-4.
41. Nagas E, Uyanik MO, Eymirli A, Cehreli ZC, Vallittu PK, Lassila LV, Durmaz V. Dentin moisture conditions affect the adhesion of root canal sealers. *J Endod.* 2012 Feb;38(2):240-4.
42. Sjögren U, Figdor D, Persson S, Sundqvist G. Influence of infection at the time of root filling on the outcome of endodontic treatment of teeth with apical periodontitis. *Int Endod J.* 1997 Sep;30(5):297-306.

43. Marending M, Paqué F, Fischer J, Zehnder M. Impact of irrigant sequence on mechanical properties of human root dentin. *J Endod*. 2007 Nov;33(11):1325-8.
44. Gonçalves L, Silva-Sousa YT, Raucci Neto W, Teixeira CS, Sousa-Neto MD, Alfredo E. Effect of different irrigation protocols on the radicular dentin interface and bond strength with a metacrylate-based endodontic sealer. *Microsc Res Tech*. 2014 Jun;77(6):446-52.
45. Baldasso FER, Roletto L, Silva VDD, Morgental RD, Kopper PMP. Effect of final irrigation protocols on microhardness reduction and erosion of root canal dentin. *Braz Oral Res*. 2017 May 15;31:e40.
46. Eldeniz AU, Erdemir A, Belli S. Effect of EDTA and citric acid solutions on the microhardness and the roughness of human root canal dentin. *J Endod*. 2005 Feb;31(2):107-10.
47. Aslantas EE, Buzoglu HD, Altundasar E, Serper A. Effect of EDTA, sodium hypochlorite, and chlorhexidine gluconate with or without surface modifiers on dentin microhardness. *J Endod*. 2014 Jun;40(6):876-9.
48. Ari H, Erdemir A, Belli S. Evaluation of the effect of endodontic irrigation solutions on the microhardness and the roughness of root canal dentin. *J Endod*. 2004 Nov;30(11):792-5.
49. Pantoja CAMS, Silva DHD, Soares AJ, Ferraz CCR, Gomes BPFA, Zaia AA, Almeida JFA. Influence of ethanol on dentin roughness, surface free energy, and interaction between AH Plus and root dentin. *Braz Oral Res*. 2018;32:e33.
50. De-Deus G, Paciornik S, Mauricio MH. Evaluation of the effect of EDTA, EDTAC and citric acid on the microhardness of root dentine. *Int Endod J*. 2006 May;39(5):401-7.
51. Tartari T, de Almeida Rodrigues Silva E Souza P, Vila Nova de Almeida B, Carrera Silva Júnior JO, Facíola Pessoa O, Silva E Souza Junior MH. A new weak chelator in endodontics: effects of different irrigation regimens with etidronate on root dentin microhardness. *Int J Dent*. 2013;2013:743018.
52. Aranda-Garcia AJ, Kuga MC, Chavéz-Andrade GM, Kalatzis-Sousa NG, Hungaro Duarte MA, Faria G, Reis Só MV, Faria NB Jr. Effect of final irrigation protocols on microhardness and erosion of root canal dentin. *Microsc Res Tech*. 2013 Oct;76(10):1079-83.

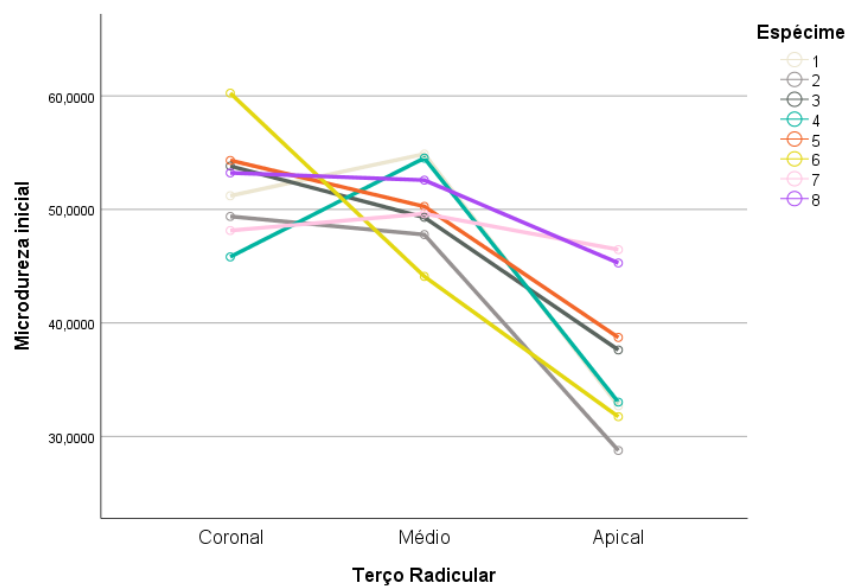
53. Ballal NV, Mala K, Bhat KS. Evaluation of the effect of maleic acid and ethylenediaminetetraacetic acid on the microhardness and surface roughness of human root canal dentin. *J Endod*. 2010 Aug;36(8):1385-8.
54. Fuentes V, Toledano M, Osorio R, Carvalho RM. Microhardness of superficial and deep sound human dentin. *J Biomed Mater Res A*. 2003 Sep 15;66(4):850-3.
55. Hülsmann M, Heckendorff M, Lennon A. Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indications for their use. *Int Endod J*. 2003 Dec;36(12):810-30.
56. Pashley D, Okabe A, Parham P. The relationship between dentin microhardness and tubule density. *Endod Dent Traumatol*. 1985 Oct;1(5):176-9.
57. Pascon FM, Kantovitz KR, Sacramento PA, Nobre-dos-Santos M, Puppim-Rontani RM. Effect of sodium hypochlorite on dentine mechanical properties. A review. *J Dent*. 2009 Dec;37(12):903-8.
58. Stevens RW, Strother JM, McClanahan SB. Leakage and sealer penetration in smear-free dentin after a final rinse with 95% ethanol. *J Endod*. 2006 Aug;32(8):785-8.
59. Montoya C, Arango-Santander S, Peláez-Vargas A, Arola D, Ossa EA. Effect of aging on the microstructure, hardness and chemical composition of dentin. *Arch Oral Biol*. 2015 Dec;60(12):1811-20.
60. Yan W, Montoya C, Øilo M, Ossa A, Paranjpe A, Zhang H, Arola D. Reduction in Fracture Resistance of the Root with Aging. *J Endod*. 2017 Sep;43(9):1494-1498.

8. ANEXOS

Anexo 1 – Gráfico representativo da rugosidade inicial face ao tipo de terço radicular.



Anexo 2 - Gráfico representativo da microdureza inicial face ao tipo de terço radicular.



Anexo 3 – Valores iniciais e finais obtidos para a rugosidade dentinária.

RUGOSIDADE INICIAL (µm)

	Grupo I					Grupo II					Grupo III				
1	0,0564	0,0557	0,0432	0,0563	0,0519	0,0668	0,0707	0,0646	0,0658	0,0769	0,0804	0,0745	0,0923	0,0788	0,0757
2	0,0553	0,0819	0,0679	0,0699	0,0953	0,0837	0,0987	0,1052	0,0991	0,0743	0,0351	0,0789	0,0646	0,0656	0,0909
3	0,0546	0,0632	0,0899	0,0642	0,0601	0,0456	0,0511	0,0810	0,0546	0,0687	0,0836	0,0695	0,0772	0,0908	0,0833
4	0,0584	0,0851	0,1019	0,0572	0,0746	0,0476	0,0602	0,0460	0,1160	0,0801	0,0800	0,0468	0,0359	0,0468	0,0379
5	0,0729	0,0878	0,0811	0,0847	0,0675	0,056	0,0645	0,0842	0,1042	0,0994	0,0712	0,1048	0,0676	0,0809	0,1085
6	0,0769	0,0652	0,0698	0,0581	0,0808	0,0509	0,0966	0,1101	0,0657	0,0803	0,0703	0,0699	0,069	0,0508	0,0769
7	0,0419	0,0568	0,0458	0,0500	0,0949	0,0473	0,0400	0,0477	0,0404	0,0511	0,0945	0,0976	0,0796	0,0649	0,0559
8	0,0627	0,0299	0,0374	0,08	0,0758	0,0329	0,0548	0,048	0,0442	0,0386	0,0822	0,0765	0,0778	0,0694	0,0702

RUGOSIDADE FINAL (µm)

Grupo I				Grupo II				Grupo III							
1	2,765	2,43	1,793	1,827	1,433	1,445	0,9312	1,031	0,9562	0,6729	0,136	0,218	0,1796	0,1997	0,1966
2	1,891	2,783	1,875	1,733	1,995	1,737	0,9684	1,753	2,077	1,801	0,0873	0,0758	0,1056	0,0686	0,0796
3	2,953	1,825	2,696	2,575	2,043	1,427	2,909	2,254	2,515	2,456	0,0987	0,1005	0,1316	0,0869	0,1006
4	1,783	1,694	3,486	2,029	1,89	2,878	2,384	2,301	2,206	2,062	0,1146	0,101	0,0973	0,1084	0,194
5	1,775	2,045	1,38	1,09	1,896	2,68	2,135	1,167	1,388	1,505	0,0843	0,0922	0,0574	0,0967	0,0767
6	2,556	1,996	4,991	3,215	1,717	1,724	3,517	2,082	1,744	1,647	0,1615	0,0897	1,898	0,1988	0,1437
7	2,862	2,235	2,776	2,436	1,654	3,387	3,498	3,199	2,654	2,602	0,406	0,33	0,1982	0,3207	0,315
8	2,148	1,6	2,092	5,298	3,408	3,605	3,307	2,661	2,532	2,834	0,1059	0,3882	0,2294	0,2062	0,3105

- Terço Coronal

- Terço Médio

- Terço Apical

MICRODUREZA INICIAL (HVN)

	Grupo I				Grupo II				Grupo III						
1	50,6	50,7	51,4	48,9	54,4	53,8	55,1	57	52,4	56,1	33,6	33	29,9	33,7	33,3
2	46,2	47,3	52,3	50,9	50,2	30,3	29,9	28	27,6	28	53,7	49,4	49,3	42,8	43,7
3	48	46,2	49,9	51,5	50,9	54,6	55,5	53,8	53,3	51,9	34	34,3	45	37,8	37
4	55,7	52,4	56,3	55,9	52,3	38,3	34,2	33,9	30,2	28,5	42,8	42,6	46,8	46,5	50,4
5	39,5	40,1	41,1	39,9	33	53	55,4	55,7	54,5	53	52,1	54,4	52,4	47,6	44,8
6	31,1	33,8	31	31,3	31,5	47,1	44,1	41,7	43,5	44,1	61,5	61,9	60,4	61,7	55,7
7	48,9	50,4	49,1	48,3	51,4	47	47,4	49	47,7	49,6	44,4	46,4	51,2	46,2	44,1
8	50,1	53,7	54	53,5	51,6	48	44,3	42,7	47,3	44,1	53	49,9	54,6	55,3	53,3

MICRODUREZA FINAL (HVN)

	Grupo I				Grupo II				Grupo III						
1	53,1	48,5	45,7	47,4	48,5	50,2	48,3	45,5	54,8	49,7	25,8	26,3	23,9	23,8	20,1
2	44,8	45,5	48,6	51,6	54	25,2	26,8	29,3	27,2	27	40	49,1	46,8	42,2	38,5
3	56,9	53,3	56,5	55,7	57,1	55,5	51,6	51,7	44,3	47,4	47,7	46,2	45,7	38,8	40,2
4	55,3	56,1	53,5	54,8	57,1	40	37,9	34,8	35,3	30,1	49,3	39,3	41,4	52,8	51,7
5	36,2	38,9	37,4	37,5	37,1	48,3	53,3	56,9	49,6	48,9	50,7	52,1	51,9	51,6	47,1
6	40,1	34,4	34,3	30,7	37,1	48,9	45,7	45,4	44,7	44	54,8	41,6	47,6	41,2	49,6
7	43,9	42,9	42,7	42,8	46,8	48,6	45,2	46,8	50,9	48,9	34,3	36,2	35,6	25,8	30
8	50	47,7	45,2	47,4	51,2	49,3	49,4	50,6	35,4	45,5	47,3	48,3	50,9	53,7	54

- Terço Coronal

- Terço Médio

- Terço Apical

Anexo 4 – Valores iniciais e finais obtidos para a microdureza dentinária.